

Informe de proyecto

Autores:

Alejandro **Cervigni**

Fernando **Ayats**

Álvaro **González**

Jae Wook **Jeong**

Francisco Javier **Lorenzo**

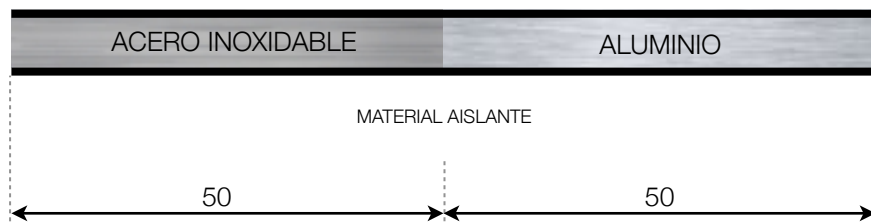
GRUPO 3

Madrid, abril de 2018.
ETSI Aeronáutica y del Espacio, UPM.

PROBLEMA DE CONTORNO

Enunciado

Dos barras, de 0.5 m cada una, se encuentran en contacto. Ambas están recubiertas de material aislante y abiertas en los extremos izquierdo y derecho.



*Cotas en cm.

Introducimos el extremo izquierdo en un horno a 500K, mientras que el derecho puede considerarse que siempre se encuentra a temperatura ambiente (298.15K)



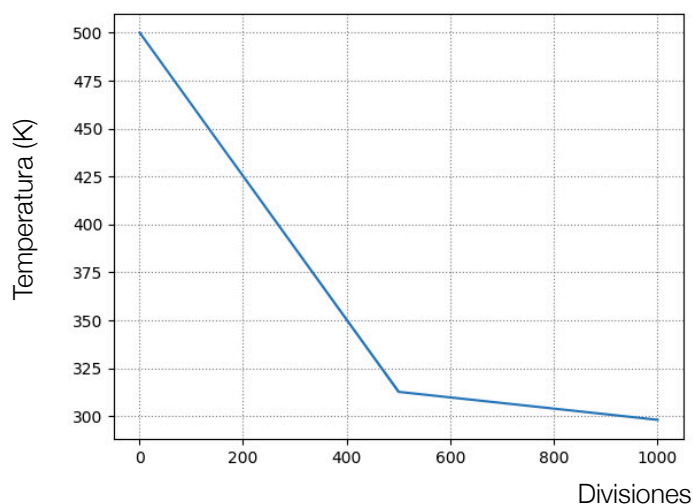
Objetivo

Determinar la distribución de la temperatura final de la barra $T(x)$.

Solución del problema

Una vez resuelto el problema, obtenemos los siguientes resultados:

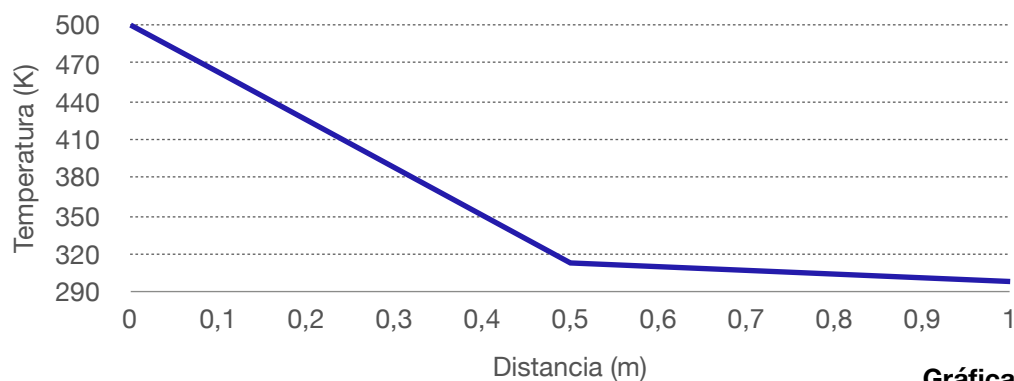
Gráfica 1.1.



La **Gráfica 1.1** refleja la temperatura (eje de abscisas) que presenta la barra expuesta en el problema en cada uno de las partes en las que dividamos dicha barra (eje de coordenadas). Obtenemos así una distribución de temperaturas que será más o menos detallada dependiendo del mayor o menor número de divisiones en las que fragmentemos la barra.

Un punto curioso a simple vista es el pico en la parte baja de la gráfica (coordenadas $[500, 313]$) y que la divide en dos rectas de diferentes pendientes. Es el punto que medio que la distribuye en las dos zonas compuestas de acero inoxidable la primera, y de aluminio la segunda. Se observa perfectamente como la temperatura va disminuyendo progresivamente (concretamente rebaja su temperatura con una pendiente aproximada de -0.4) desde el extremo izquierdo en contacto con el horno, hasta el punto de unión de ambos metales. Pasado este punto y al tratarse de ahora de otro elemento con propiedades y k diferentes, la temperatura continúa aminorando de manera mucho más moderada (alrededor de -0.03 de pendiente) alcanzando finalmente la temperatura ambiente.

Estas conclusiones las podemos ver reflejadas en la **Gráfica 1.2** y el **Diagrama 1**.



Gráfica 1.2.

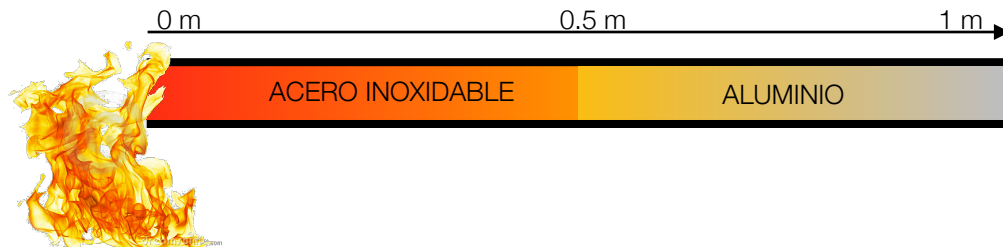






Diagrama 1.

LEYENDA			
	$T = 500\text{K} ; X = 0\text{m}$		$T = 298.15\text{K} ; X = 1\text{m}$
	$T = 313\text{K} ; X = 0.5\text{m}$		Material aislante

En este diagrama podemos ver de forma muy visual la distribución de las temperaturas a lo largo de la barra de manera que nos hacemos una idea mucho más clara de lo que ocurre en la situación planteada.

En la situación planteada se alcanza un estado de equilibrio en el que las temperaturas a lo largo de la barra dejan de aumentar y se mantienen constantes, la **Fórmula 1** del calor se reduce a la **Fórmula 2**, mucho más sencilla y con la que realmente hemos solucionado el problema.

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left(k(x) \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0$$

Fórmula 1.

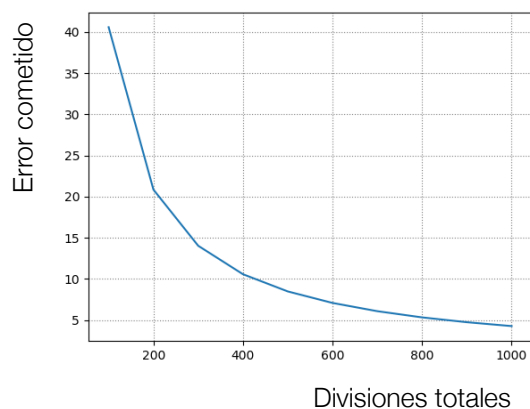
- **k** es la conductividad térmica ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)
- **p** es la densidad (kg/m^3)
- **Cp** es la capacidad de calor específica ($\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k(x) \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0$$

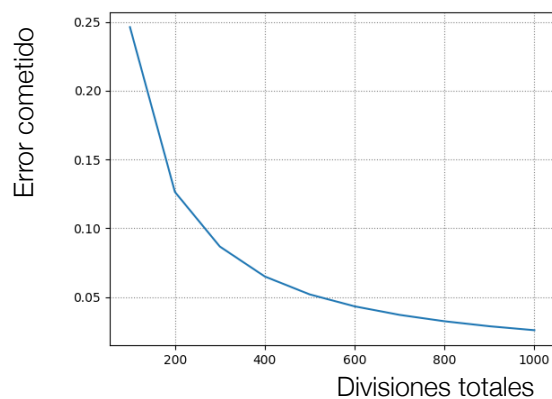
Fórmula 2.

Cálculo del error

A continuación se muestra la **Gráfica 2.1** y la **Gráfica 2.2** correspondientes la primera al tramo de acero inoxidable y la segunda al de aluminio.



Gráfica 2.1.



Gráfica 2.2.

Para calcular el error empleamos mínimos cuadrados de orden 1 correspondientes con la linealización de los puntos mediante un polinomio de primer grado. Interpretamos el error cometido por los mínimos cuadrados como el error en cada uno de los tramos del método utilizado para resolver el problema de calor. n

DATOS DE VALOR DE TEMPERATURA EN 100 DIVISIONES DE LA BARRA

1 500.00000000000000
2 499.62477180619726
3 499.25082782352428
4 498.87431541859189
5 498.50165564704855
6 498.12385903098652
7 497.75248347057283
8 497.37340264338116
9 497.00331129409710
10 496.62294625577579
11 496.25413911762132
12 495.87248986817048
13 495.50496694114560
14 495.12203348056516
15 494.75579476466982
16 494.37157709295974
17 494.00662258819409
18 493.62112070535431
19 493.25745041717831
20 492.87066431774883
21 492.50827823524264
22 492.12020793014335
23 491.75910605876697
24 491.36975154253787
25 491.0093388229125
26 490.61929515493244
27 490.26076170581558
28 489.86883876732696
29 489.51158952933991
30 489.11838237972148
31 488.76241735286425
32 488.36792599211600
33 488.01324517638852
34 487.61746960451052
35 487.26407299991286
36 486.86701321690504
37 486.51490082343713
38 486.1655682929961
39 485.76572864696141
40 485.36610044169413
41 485.01655647048568
42 484.61564405408865
43 484.26738429401001
44 483.86518766483222
45 483.51821211753435
46 483.11473127887780
47 482.76903994105874
48 482.36427489127237
49 482.01986776458307
50 481.61381850366695
51 481.27069558810746
52 480.86336211606152
53 480.51252341163185
54 480.1259572845616
55 479.77235123515629
56 479.36244934085073
57 479.02317905868074
58 478.61199295324536
59 478.27400688220513
60 477.86153656563999
61 477.52483470572957
62 477.11108017803457
63 476.77566252925408
64 476.36062379042909
65 476.02649035277858
66 475.61016740282366
67 475.27731817630303
68 474.85971101521829
69 474.52814599982742
70 474.10925462761298
71 473.77897382335186
72 473.35879824000767
73 473.02980164687631
74 472.60834185240230
75 472.28062947040075
76 471.85788546479699
77 471.53145729392514
78 471.10742907719163
79 470.78228511744959
80 470.35697268958626
81 470.03311294097404
82 469.60651630198089
83 469.28394076444984
84 468.85605991437558
85 468.53476858802287
86 468.10560352677027
87 467.78559641154726
88 467.35514713916496
89 467.03642423507171
90 466.60469075155964
91 466.28725205859615
92 465.85423436395433
93 465.5307798212060
94 465.10377797634902
95 464.78890770564499
96 464.35332158874377
97 464.03973552916943
98 463.60286520113846
99 463.29056335269388
100 462.85240881353320

101 462.54139117621833
102 462.10195242592795
103 461.79221899974277
104 461.35149603832275
105 461.04304682326716
106 460.60103965071750
107 460.29387464679149
108 459.85058326311224
109 459.54470247031583
110 459.10012687550693
111 458.79553029384010
112 458.34967048790162
113 458.04635811736443
114 457.59921410029636
115 457.29718594088877
116 456.84875771269111
117 456.54801376441310
118 456.09830132508586
119 455.79884158793737
120 455.3748493748060
121 455.04966941146165
122 454.59738854987540
123 454.30049723498593
124 453.84693216227015
125 453.55132505851020
126 453.09647577466484
127 452.80215288203448
128 452.34601938705953
129 452.05298070555875
130 451.59556299945427
131 451.30380852908297
132 450.84510661184902
133 450.55463635260719
134 450.09465022424382
135 449.80546417613141
136 449.34419383663857
137 449.05629199965557
138 448.59373744903331
139 448.30711982317973
140 447.84328106142800
141 447.55794764670389
142 447.09282467382269
143 446.80877547022800
144 446.34236828621738
145 446.05960329375216
146 445.59191189861201
147 445.31043111727627
148 444.84145551100664
149 444.56125894080043
150 444.09099912340128
151 443.81208676432453
152 443.34054273579591
153 443.06291458784864
154 442.59008634819060
155 442.31374241137274
156 441.83962996058523
157 441.56457023489691
158 441.08917357297986
159 440.81539805842101
160 440.33871718537443
161 440.06622588194517
162 439.58826079776895
163 439.31705370546938
164 438.83780441016347
165 438.56788152899344
166 438.08734802255799
167 437.81870935251754
168 437.33689163495256
169 437.06953717604165
170 436.58643524734714
171 436.32036499956575
172 435.83597885974166
173 435.57119282308980
174 435.08552247213612
175 434.82202064661391
176 434.33506608453058
177 434.07284847013801
178 433.58460969692504
179 433.23267629366217
180 432.83415330931945
181 432.5745041718634
182 432.08369692171391
183 431.82533194071056
184 431.33324053410826
185 431.07615976423472
186 430.58278414506266
187 430.32698758775888
188 429.83232775889707
189 429.57781541128304
190 429.08187137129147
191 428.82864323480720
192 428.33141498368582
193 428.07947105833136
194 427.58095859608022
195 427.33029888185547
196 426.83050220847463
197 426.58112670537963
198 426.08004582086897
199 425.83195452890379
200 425.32958943326338

201 425.08278235242796
202 424.57913304565773
203 424.33361017595212
204 423.82867665805202
205 423.58443799947628
206 423.07822027044637
207 422.83526582300044
208 422.32776388284071
209 422.08609364652455
210 421.57730749523506
211 421.33692147004859
212 420.82685110762941
213 420.58774929357264
214 420.07639472002370
215 419.83857711709675
216 419.32593833241799
217 419.08940494062085
218 418.57548194481228
219 418.34023276414496
220 417.8250255720657
221 417.59106058766901
222 417.07456916960086
223 416.84188841119311
224 416.32411278199510
225 416.09271623471716
226 415.57365639438933
227 415.34354405624126
228 414.82137445636079
229 414.59437188176531
230 414.07274361917791
231 413.84519970528942
232 413.32228723157220
233 413.09602752881347
234 412.57183084396650
235 412.34685535233757
236 411.82137445636079
237 411.59768317586162
238 411.0791806875502
239 410.84851099938567
240 410.4246168114931
241 410.09933882290971
242 409.5700529354360
243 409.3501666443376
244 408.91594890593789
245 408.60094466995781
246 408.06909251833224
247 407.85182229348186
248 407.31863613072653
249 407.10265011700591
250 406.586117974312082
251 406.35347794053001
252 405.7127335551517
253 405.60430576405406
254 405.0672696790952
255 404.85513358757811
256 404.31681058030387
257 404.10596141102616
258 403.56635419269821
259 403.35678923466221
260 402.81589780509250
261 402.60761705815025
262 402.06544117478685
263 401.85844488167436
264 401.31498502988120
265 401.10927270519841
266 400.56452864227549
267 400.36010052872246
268 399.8105275466978
269 399.61092835224650
270 399.06361586706413
271 398.86175617577005
272 398.31315947945848
273 398.11258399929460
274 397.56270309185282
275 397.36341182281865
276 396.81224670424712
277 396.61423964634270
278 396.06179031664146
279 395.86506746986674
280 395.31133392030575
281 395.11589529339079
282 394.56087754143010
283 394.36672311691484
284 393.81042115382439
285 393.61755094043883
286 393.05996476621863
287 392.86837876396282
288 392.30950837861292
289 392.11920658748687
290 391.55905199100715
291 391.37003441101092
292 390.80589560340139
293 390.62086232543497
294 390.58113921579568
295 389.87169005805902
296 389.30768282818997
297 389.12251788158306
298 388.55722844058426
299 388.37334570510711
300 387.80677005297855

301 387.62417352863110
302 387.05631366537278
303 386.87500135215510
304 386.30585727776707
305 386.12582917567903
306 385.55540089016137
307 385.37665699920302
308 384.80494450255566
309 384.62748482272696
310 384.05448811494995
311 383.87831264625089
312 383.30403172734424
313 383.12914046977482
314 382.55357533973859
315 382.37996829329876
316 381.80311895213293
317 381.63079611682269
318 381.05266256452722
319 380.88162394034669
320 380.30220617692152
321 380.13245176387068
322 379.55174978931575
323 379.38327958739467
324 378.80129340171004
325 378.63410741091866
326 378.05083701410439
327 377.88493523444265
328 377.30038062649868
329 377.13576305796670
330 376.54992423889297
331 376.38659088149069
332 375.79946785128726
333 375.63741870501468
334 375.04901146368155
335 374.88824652853867
336 374.29855507607579
337 374.13907435206272
338 373.54809868847002
339 373.38990217558671
340 372.79764230086425
341 372.64072999911065
342 372.04718591325843
343 371.89155782263458
344 371.29672952565267
345 371.14238564615852
346 370.54627313804684
347 370.39321346968245
348 369.79581675044108
349 369.64404129320639
350 369.04536036283520
351 368.89486911673032
352 368.29490397522937
353 368.14569694025431
354 367.54444758762355
355 367.39652476377830
356 366.79399120001773
357 366.64735258730235
358 366.04353481241191
359 365.89818041082634
360 365.29307842480608
361 365.14900823435033
362 364.54262203720020
363 364.39983605787438
364 363.79216564959432
365 363.65066388139843
366 363.04170926198844
367 362.90149170492242
368 362.29125287438256
369 362.15231952844641
370 361.54079648677669
371 361.40314735197035
372 360.79034009917086
373 360.65397517549434
374 360.03988371156504
375 359.90480299901839
376 359.28942732395922
377 359.15563082254238
378 358.53897093635345
379 358.40645864606631
380 357.78851454874768
381 357.65728646959030
382 357.03805816114192
383 356.90811429311429
384 356.28760177353615
385 356.15894211663829
386 355.53714538593033
387 355.40976994016222
388 354.7866889832456
389 354.66059776368616
390 354.03623261071880
391 353.91142558721009
392 353.28577622311298
393 353.16225341073402
394 352.53531983550721
395 352.41308123425796
396 351.78486344790144
397 351.66390905778189
398 351.03440706029568
399 350.91473688130577
400 350.28395687268991

401 350.16556470482965
402 349.53349428508420
403 349.41639252835353
404 348.78303789747844
405 348.66722035187740
406 348.03258150987273
407 347.91804817540134
408 347.28212512226702
409 347.16887598982522
410 346.53166873466125
411 346.41970382244909
412 345.781421234705549
413 345.67053164597297
414 345.03075595944972
415 344.9213594649679
416 344.28029957184395
417 344.17218729302061
418 343.52984318423819
419 343.42301511654443
420 343.2796879663242
421 342.67384294006831
422 342.02893040902666
423 341.92467076359213
424 341.27847402142089
425 341.17549858711595
426 340.52801763381513
427 340.42632641063977
428 339.77756124620936
429 339.67715423416354
430 339.02710485860365
431 338.92798205768730
432 338.27664847099788
433 338.17880988121101
434 337.5261920839212
435 337.42963770473477
436 336.77573569578641
437 336.68046552852854
438 336.02527930818064
439 335.93129335178224
440 335.2748229057488
441 335.18212117530595
442 334.5246653296911
443 334.43294899882960
444 333.77491014536329
445 333.68377682235325
446 333.0234575757752
447 332.93460464587690
448 332.72997370151570
449 332.18543246940055
450 331.52254098254593
451 331.43626029929420
452 330.77208459494011
453 330.68708811644785
454 330.02162820733429
455 329.93791593997150
456 329.271171181972847
457 329.18874376349515
458 328.52071543212264
459 328.43957158701875
460 327.77025904451682
461 327.69039941054240
462 327.01980266911100
463 326.94122723406605
464 326.26934626930517
465 326.19205056758970
466 325.51888988169935
467 325.44288288111341
468 324.7684349409347
469 324.69371070463711
470 324.01797710648759
471 323.94453852816082
472 323.26752071888171
473 323.1956635168447
474 322.51706433127583
475 322.44619417520818
476 321.76660794366995
477 321.69702199873188
478 321.01615155606407
479 320.94784982225553
480 320.26569516845819
481 320.19867764577918
482 319.51523878085231
483 319.44950546930284
484 318.76478239324638
485 318.70033329282654
486 318.01523600564044
487 317.95116111635019
488 317.26386961803451
489 317.20198893987390
490 316.51431323042857
491 316.45281676339761
492 315.7629584282269
493 315.70364458692126
494 315.01250045521675
495 314.95447241044491
496 314.26504406761082
497 314.20530023396856
498 313.51758768004048
499 313.45612805749221
500 312.76113129239900

501	312.70695588101580	601	309.78973025355060	701	306.87250462608768	801	303.95527899863350	901	301.03805337117961
502	312.70268676722952	602	309.78046050875008	702	306.86823425026734	802	303.93600799178284	902	301.01378173330625
503	312.64461136846656	603	309.73138574100125	703	306.81416011353849	803	303.89693448608438	903	300.97970888863054
504	312.64424224205999	604	309.72201598358038	704	306.79978972509764	804	303.87756346661320	904	300.95533720813677
505	312.59026685591726	605	309.67304122845184	705	306.75561560098925	805	303.83858997353525	905	300.92136434608142
506	312.58579771689045	606	309.66357145841067	706	306.74134519992793	806	303.81911189414435	906	300.89689268296729
507	312.53192234336797	607	309.61469671590243	707	306.69747108844012	807	303.78024546098618	907	300.86301983332325
508	312.52735319172092	608	309.60512693324102	708	306.68290067475823	808	303.76067441627384	908	300.83844815779781
509	312.47357783081873	609	309.55635220335301	709	306.63912657589094	809	303.72190094843711	909	300.804607532098322
510	312.46890666655139	610	309.54668240807138	710	306.62445614958853	810	303.70222989110420	910	300.78000363262834
511	312.41523331826943	611	309.49800769080360	711	306.5878206334181	811	303.66355643588804	911	300.74633080843410
512	312.41046414138179	612	309.48823788290173	712	306.56601162441882	812	303.64378536593455	912	300.72155910745886
513	312.35688880572013	613	309.43966317825425	713	306.52243755079263	813	303.60521192333897	913	300.68798629588497
514	312.35201961621220	614	309.42979335773208	714	306.50756709924912	814	303.58534084076490	914	300.66311458228938
515	312.29854429317083	615	309.38131866570490	715	306.46409303824350	815	303.54686741078996	915	300.62694178333590
516	312.29357509104261	616	309.37134883256249	716	306.44912257407947	816	303.52689631559520	916	300.60467005711985
517	312.24019978062154	617	309.32297415315554	717	306.40574852569438	817	303.48852289824089	917	300.57129727078683
518	312.23513056587302	618	309.31290430739290	718	306.39067840890982	818	303.46845179042555	918	300.54622553195037
519	312.18185526807218	619	309.26462964006619	719	306.347440401314519	819	303.43017838569187	919	300.51295275823776
520	312.1768904070343	620	309.25445978222325	720	306.33223352374017	820	303.41000726525590	920	300.48778100678084
521	312.12361075552283	621	309.20628512805683	721	306.28905950059612	821	303.37163387314286	921	300.45460824568869
522	312.11824151553384	622	309.19601525705360	722	306.273778899857052	822	303.35156274008631	922	300.42933648161130
523	312.06516624297353	623	309.14794061550748	723	306.23071498804700	823	303.31348936059385	923	300.39626373313962
524	312.06979999036430	624	309.13757073188395	724	306.21534447340082	824	303.29311821491666	924	300.37089195644177
525	312.00682173042418	625	309.08959610295818	725	306.17237047549787	825	303.25514484804478	925	300.332791922059061
526	312.00135246519477	626	309.07912620671431	726	306.15689994823117	826	303.23467368974701	926	300.31244743127223
527	311.94847721787482	627	309.03125159040889	727	306.11402596294880	827	303.19680033549577	927	300.27957470804154
528	311.94290794002518	628	309.02068168154466	728	306.09845542306147	828	303.17622916457736	928	300.25400290610270
529	311.89013270532553	629	309.97230707785959	729	306.05568145039973	829	303.13845582294670	929	300.22123019549247
530	311.88446341485565	630	309.96223715637495	730	306.04001089789176	830	303.11778463940777	930	300.19555838093316
531	311.83178819277617	631	309.91456256531035	731	305.99733693785072	831	303.08011131039763	931	300.16289858294340
532	311.82601888968611	632	309.90379263120525	732	305.981566377272211	832	303.05934011423818	932	300.13711385576369
533	311.77344368022688	633	309.88621805276105	733	305.93899242530165	833	303.02176679784856	933	300.10454117039427
534	311.76757436451652	634	309.84534810603554	734	305.92312184755247	834	303.00089558906859	934	300.07968933059421
535	311.71509916767752	635	309.79767354021175	735	305.88064791275258	835	302.96342228529949	935	300.04619665784514
536	311.70912383934693	636	309.78630358085854	736	305.86467322382676	836	302.94245106389900	936	300.02022480542468
537	311.66675465512822	637	309.73952902766251	737	305.82230340020351	837	302.90507777275036	937	299.98785214529607
538	311.65068531417739	638	309.72845505569613	738	305.80623279721306	838	302.88400653872941	938	299.96178028025514
539	311.59841014257893	639	309.68118451511322	739	305.76395886765450	839	302.84673326020123	939	299.92950763274695
540	311.59224076900780	640	309.67001453052543	740	305.74778927204335	840	302.82562013559861	940	299.9033575508561
541	311.54096563002963	641	309.62284000256392	741	305.70561437510543	841	302.78838874765216	941	299.8781312019782
542	311.53379526383821	642	309.611157000535673	742	305.68934574887365	842	302.76711748830304	942	299.84489122991607
543	311.48172111748039	643	309.56449549001462	743	305.64726986255641	843	302.73004423510309	943	299.81264670747460
544	311.47535173866862	644	309.55312548018705	744	305.63089922170394	844	302.70867296322061	944	299.78644670747460
545	311.42337660493105	645	309.50615097746538	745	305.58892535000740	845	302.67159872255402	945	299.75447403509998
546	311.4169071349903	646	309.49468035501719	746	305.57054546965348	846	302.65022843805122	946	299.72800217957712
547	311.36503209238185	647	309.44780646491614	747	305.53058083745838	847	302.61335521000495	947	299.69612959255055
548	311.35846268932944	648	309.43623642984784	748	305.51401017136458	848	302.59178391288168	948	299.66955765440758
549	311.30658757983261	649	309.38946195236690	749	305.47223832490307	849	302.55501069745588	949	299.63778507000148
550	311.30001816315985	650	309.37974190467819	750	305.45556564619488	850	302.53339338771209	950	299.61111312923806
551	311.24834206728337	651	309.33111743981766	751	305.41389181236030	851	302.49696618490681	951	299.57944065745236
552	311.24157367099026	652	309.31934737950854	752	305.39712111202512	852	302.47489486254256	952	299.55266880406857
553	311.1899885473407	653	309.27277232726842	753	305.35554729881124	853	302.43832167235774	953	299.52109604493023
554	311.18312911282072	654	309.26000285433889	754	305.33867650858542	854	302.41645033737302	954	299.49422407898904
555	311.13165404218483	655	309.2142841471918	755	305.29720278726222	855	302.37997715980867	955	299.46275153235416
556	311.12468458765113	656	309.20245832916925	756	305.28023207068571	856	302.35800581220349	956	299.43577955372950
557	311.07330952963565	657	309.15608390217000	757	305.2388582741327	857	302.32163264725966	957	299.40404701980503
558	311.06624006248154	658	309.14401380399954	758	305.22178754551607	858	302.29956128703395	958	299.37733502855997
559	311.01496501708641	659	309.08779338962076	759	305.18051376216425	859	302.26328813471059	959	299.34606250755951
560	311.00779553731195	660	309.08556927882989	760	305.16334302034630	860	302.24111676186442	960	299.31889050339043
561	309.95662050453711	661	309.03939487707152	761	305.12216024961524	861	302.20494362226147	961	299.2877179947678
562	310.94935101214236	662	309.02712475366025	762	305.10489849517660	862	302.18267223669494	962	299.26044597822096
563	310.8982759198782	663	309.0105036452233	763	305.06382473706623	863	302.14659010961240	963	299.22937348215765
564	310.89090648697277	664	309.96868022849060	764	305.04645397000684	864	302.12422771152546	964	299.20200145305142
565	310.83993147943852	665	309.92270585197309	765	305.00840224517116	865	302.08825459706333	965	299.17102898960859
566	310.83246196180318	666	309.9102357032059	766	304.9980044483708	866	302.06578318635599	966	299.14355692789189
567	310.78158696889928	667	309.86436133942391	767	304.94713571196809	867	302.02991008451420	967	299.1126845705946
568	310.77401743663353	668	309.85179117815130	768	304.9286491866737	868	302.00733866118657	968	299.08511240271235
569	310.72324245433998	669	309.8061682687478	769	304.88879119941896	869	301.97156557196507	969	299.05433994451033
570	310.71557291146394	670	309.79334665208160	770	304.87112309449772	870	301.94889413601709	970	299.02666787754282
571	310.66489794179068	671	309.74767231432565	771	304.83044668686989	871	301.91322105941595	971	298.995959543196121
572	310.65712838629435	672	309.73490212781195	772	304.81267589632807	872	301.89044961084761	972	298.96822335237329
573	310.6065542924139	673	309.6932780177647	773	304.77210217432082	873	301.85487654686682	973	298.937658091941208
574	310.59868386112475	674	309.67645760264230	774	304.75423134415843	874	301.83200508567819	974	298.909077882720381
575	310.54820891669209	675	309.63098328927229	775	304.71375766177175	875	301.79653203431769	975	298.87930640696295
576	310.54023933595516	676	309.61801307747271	776	304.66517868189882	876	301.77356050508677	976	298.85133430203427
577	310.489896440414274	677	309.57263877667810	777	304.65541314922268	877	301.73818752176857	977	298.82096189431388
578	310.48179481078557	678	309.5595855230306						